КУРС МОРСКИХ РАБОТ, ПРОЧИТАННЫЙ

В

НАЦИОНАЛЬНОЙ ШКОЛЕ МОСТОВ И ДОРОГ

АВТОРЫ

Барон КИНЕТТ де РОШМОН
Генеральный инспектор мостов и дорог

И

Г-н АНРИ ДЕПРЕ
Инженер мостов и дорог

ТОМ ВТОРОЙ

1901

ГЛАВА XVIII

БАТОПОРТЫ(*)

Сухие доки, входной шлюз которых не оборудован миттерными воротами, закрываются либо батопортами, либо кессонами, способными двигаться по дну дока. Первое решение применяется исключительно во Франции и в Соединенных Штатах; оно также часто встречается в Англии, в частности, в одном из доков Портсмута, в Блэкуолле близ Лондона, в Барри-доке и в Кардиффе (док Бьют); второе решение было принято для нескольких доков Портсмута, в Эскимальте, в Гарвель-доке (Гринок) и в Монтевидео. Кессоны, используемые в доках, идентичны тем, что применяются для закрытия судоходных шлюзов, поэтому нет необходимости возвращаться к этим устройствам.

Батопорт — это съемный водонепроницаемый экран, способный плавать, чтобы освобождать проход, который он закрывает, и который можно затопить на месте путем заполнения водяным балластом; его нижние и боковые поверхности тогда опираются на порог и на две четверти, расположенные в одной плоскости. Батопорт доставляется в шлюз и ставится на кильблоки до осушения дока; он поднимается после заполнения, после предварительного удаления водяного балласта, служившего для его затопления.

Применение батопортов имеет различные преимущества: герметичность закрытия обеспечивается благодаря прокладке из пакли, которая прибивается к деревянным накладкам, обшивающим киль и штевни; техническое обслуживание легко, симметричная форма позволяет поочередно располагать каждую из двух сторон со стороны дока, что позволяет легко их очищать и перекрашивать; наличие ила или посторонних предметов на нижнем пороге шлюза не создает для подъема батопорта таких же неудобств, как для поворота миттерных ворот. С другой стороны, четверти, предназначенные для приема батопортов, требуют значительно меньшей длины, чем камера ворот, что сокращает общую длину сооружения. Батопорт может быть безразлично установлен в двух или трех различных пазах, в то время как пара миттерных ворот может обслуживать только одно определенное место. Наконец, поскольку батопорт опирается своим килем непосредственно на нижний порог, его легко расположить таким образом, чтобы верхняя палуба могла пропускать самые тяжелые нагрузки.

С другой стороны, маневрирование батопорта более медленное и более деликатное, чем маневрирование миттерными воротами, и требует более многочисленного персонала; оно может быть даже опасным, если приходится действовать в месте, где море волнуется; наконец, оно требует, чтобы вблизи прохода был оборудован гараж для батопорта. Эти недостатки делают применение этих устройств малопригодным для закрытия судоходных шлюзов, но они не очень серьезны для шлюзов сухих доков, учитывая время, необходимое

(*) Указания на рисунки, выделенные курсивом, отсылают к соответствующим рисункам в конце документа, чтобы не перегружать текст.

для входа и выхода судов, и персонал, который необходимо иметь под рукой для выполнения этих операций.

Первоначально батопорты изготавливались из дерева, но такой способ строительства имеет недостаток, требующий больших ширин; кроме того, древесина, пропитываясь, меняет вес и изменяет условия функционирования; наконец, стенки, которые попеременно оказываются то мокрыми в бассейне, то сухими в доке, находятся в неблагоприятных условиях с точки зрения их сохранности. Поэтому уже много лет все батопорты строятся исключительно из железа или стали.

Формы, придаваемые батопортам, очень разнообразны: одни, как в Блэкуолле, имеют форму прямоугольного параллелепипеда; другие имеют корпуса, аналогичные корпусам судов, таковы батопорты доков 1, 2, 3 и 4 в Гавре, в Девонпорте, в доке Коулун и др.; третьи, как у доков 5 и 6 в Гавре, имеют по всей своей длине прямые формы, соединяющиеся простыми кривыми со штевнями и килем; наконец, четвертые, как у доков Кале и Северогерманского Ллойда в Бремерхафене, состоят из сплошного экрана, поддерживаемого поплавком.

Существующая тенденция заключается в том, чтобы максимально упростить формы, чтобы сделать конструкцию более экономичной, а обслуживание более легким.

Батопорты часто используются для восстановления сообщения между двумя берегами входного шлюза; с этой целью на их верхней части устраивается либо простой пешеходный мостик, либо настоящий мост с проезжей частью.

Какова бы ни была принятая система, батопорты имеют воздушные камеры и водяные камеры, содержащие постоянный или маневренный балласт, и должны удовлетворять определенному числу общих условий, а именно:

1° Обладать достаточной остойчивостью плавания;

2° Иметь возможность функционировать, когда море находится на самом низком уровне, при котором суда могут входить в док или выходить из него;

3° Обеспечивать герметичное закрытие;

4° Быть легкими в обслуживании.

Четверть

Четверть должна иметь такую форму, чтобы батопорт легко освобождался; освобождение происходит либо подъемом, либо поворотом. В любом случае, киль батопорта должен подняться достаточно, чтобы оказаться по крайней мере на 0,30 м выше порога шлюза, а штевни должны выйти из пазов, на которые они опираются, на 0,25–0,35 м. Поскольку пазы в пороге шлюза чаще всего имеют

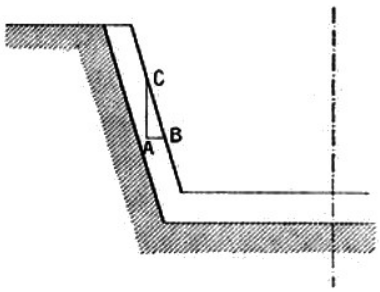


Fig. 603.

глубину 0,50 м, высота, на которую должен подняться батопорт, составляет тогда не менее 0,80–1 м.

Когда батопорт освобождается вертикальным подъемом (рис. 603), наклон боковых стен должен быть таким, чтобы

$$\frac{AB}{AC} = \frac{0{,}20\ m\ \text{à}\ 0{,}35\ m}{0{,}80\ m\ \text{à}\ 1{,}00\ m}$$

или соотношение примерно от 1/3 до 1/4, то есть 1 основание на 3–4 высоты. Действительно, этот наклон был принят во многих старых доках; сейчас он используется реже, однако в доках Дюнкерка откос боковой стены шлюза все еще составляет примерно 1/3.

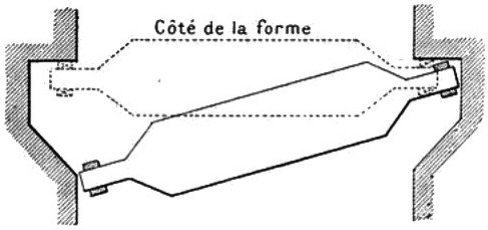


Fig. 604.

Это решение имеет недостаток, значительно увеличивающий ширину верхней части шлюза и, следовательно, длину и вес верхних частей батопорта. Поэтому обычно предпочитают придавать боковым стенам меньший наклон и освобождать батопорт, поворачивая его в шлюзе вокруг одного из его концов (рис. 604); четверть тогда делается раструбной. В этом случае боковые стены могут быть вертикальными, но на практике им чаще всего придают небольшой откос.

Пазы вертикальны в Кале, Бордо и Ла-Паллисе; они имеют откос около 1/2,5 в Марселе, 1/3 в Дюнкерке, 1/5 в Тулоне, 1/6 в Шербуре, 1/7 в Лорьяне и 1/8 в Гавре. В Сен-Назере вертикальные пазы в верхней части имеют уклон 1/1,7 в нижней части.

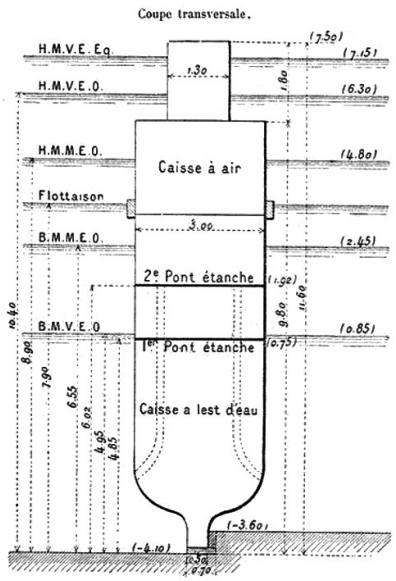
Батопорты некоторых типов, когда их ставят на кильблоки, в определенный момент полностью теряют остойчивость плавания; они тогда стремятся повалиться на тот или иной борт. Четверть, в которой скользит батопорт, препятствует этому опрокидыванию; но если она слишком широка, батопорт должен удерживаться вертикально во время погружения с помощью швартовов, закрепленных как на его голове, так и на его пяте. Это обстоятельство имеет место, в частности, в Лорьяне.

Размеры четвертей варьируются в зависимости от формы штевней и деревянных накладок, которыми они обшиты.

Различные типы батопортов(*)

Батопорты доков 1, 2, 3, 4 и 6 порта Шербур, выполненные по проектам г-на Коррара, инженера морского ведомства, работают в бассейне, где прилив свободно действует с амплитудой, которая в сизигийные приливы может превышать 7 м.

(*) Выдержка из отчёта, подготовленного генеральным инспектором Анри Бернаром от имени комиссии Генерального совета по мостам и дорогам.



Эти батопорты (рис. 605) разделены по высоте на три отсека, разделенных водонепроницаемыми палубами, самая высокая из которых называется уступной палубой. Нижний отсек представляет собой цистерну водяного балласта, которую заполняют до ограничивающей ее палубы для получения нормальной плавучести батопорта; средний отсек также может быть заполнен водой, когда хотят замедлить подъем батопорта. Другими словами, водяной балласт заполняет только нижний отсек или оба нижних отсека, в зависимости от того, должно ли движение батопорта осуществляться при том или ином уровне прилива. Верхний отсек, или поплавок, может по желанию сообщаться либо с бассейном, либо с доком.

Эти последние отсеки снабжены донными отверстиями (кинстонами), которыми управляют со служебного мостика, расположенного немного выше уровня самых высоких обычных сизигийных приливов; они обычно оставлены в свободном сообщении друг с другом через лазы, проделанные в водонепроницаемых палубах, которые для этой цели поддерживаются открытыми.

Боковые стены вертикальны ниже уступной палубы и соединяются с килем поверхностями двойной кривизны. Верхняя часть выше уступной палубы симметрично сужена до ширины 1,30 м, чтобы сделать батопорт более легким в верхней части. Верх батопорта образует пешеходный мостик.

Функционирование очень простое: когда шлюз закрыт, вода свободно проникает внутрь батопорта и устанавливается на том же уровне, что и снаружи. Когда хотят заставить батопорт всплыть, его заполняют водой только до уровня той из двух водонепроницаемых палуб, которая соответствует желаемому моменту плавания. Заботятся о том, чтобы заполнить док водой так, чтобы установить в нем наружный уровень до середины прилива; батопорт всплывает, когда вода, свободно поднимающаяся внутри и снаружи дока, превышает уровень водонепроницаемой палубы на желаемую высоту. Точно так же, чтобы снова установить батопорт на место, его подводят к пазам до середины прилива таким образом, чтобы он сел на кильблоки просто из-за понижения уровня моря. Его также можно затопить немедленно, впустив воду в верхние отсеки.

Уровень первой водонепроницаемой палубы, используемой в общем случае, рассчитан таким образом, чтобы батопорт поднимался в середине прилива, что дает около шести часов для выхода и входа судов. Вторая водонепроницаемая палуба расположена так, чтобы подъем происходил на полтора часа позже.

Эти батопорты, за исключением одного меньшего размера, имеют ширину 3 м, длину по килю 17,60 м, длину по верху 21,45 м и высоту 11,60 м; порог находится на отметке (-3,60 м), а упорный брус имеет высоту 0,80 м.

Док 5 был расширен, и его порог был опущен до отметки (-5,80 м), поэтому был построен батопорт шириной 3,80 м, длиной по килю 26 м, по верху 30,60 м и общей высотой 13,80 м (рис. 606). Но для того чтобы батопорт, в случае ремонта, мог войти в доки с более высоким порогом, необходимо было уменьшить осадку без потери остойчивости, что было достигнуто заменой остойчивости формы остойчивостью веса с помощью чугунного и цементного балласта, помещенного как можно ниже. Вес корпуса составляет 375 т, что вместе с 165 т постоянного балласта дает 540 т водоизмещения для нижней плавучести и 605,6 т, с добавлением 65,6 т жидкого балласта для нормальной плавучести. Вследствие этих решений батопорт, несмотря на свою большую высоту, имеет между уступной палубой и килем только одну водонепроницаемую палубу, соответствующую уровню выше жидкого балласта.

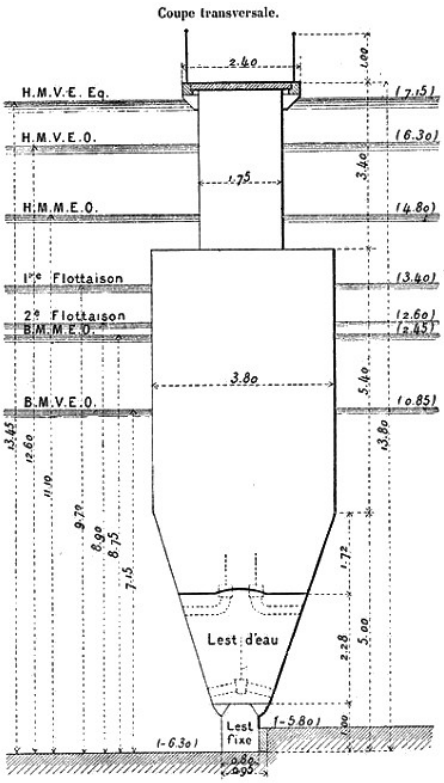


Fig. 606. — Cherbourg (bateau-porte de la forme 5).

В море без приливов или в бассейне с постоянным уровнем батопорт такой системы поднялся бы, как только подъемная сила воды, введенной в док, вместе с внешним давлением создала бы разрежение, превышающее вес батопорта, увеличенный на его сцепление с каменной кладкой; это движение подъема происходило бы чаще всего до того, как уровень в доке и снаружи станет одинаковым. Следовательно, можно было бы опасаться, что аварии произойдут под влиянием разности давлений, возникающей в этот момент из-за разницы уровней в доке и в бассейне.

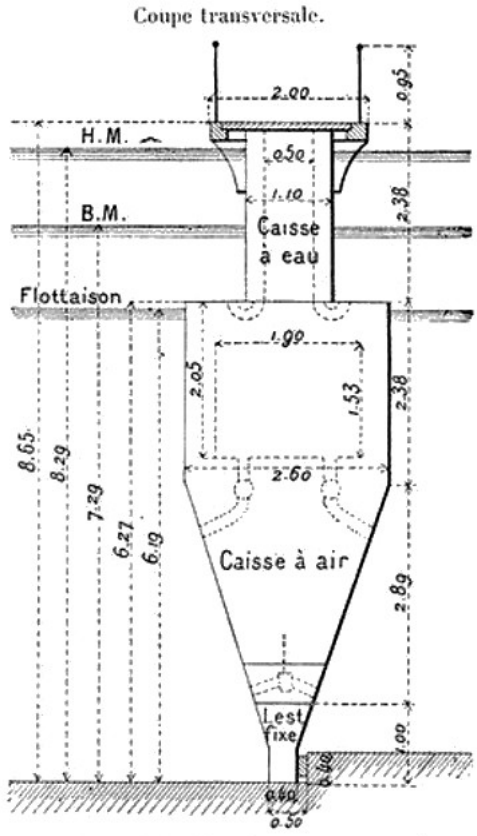


Fig. 607. — Toulon (bateau-porte de la forme 3 de la darse Vauban).

Господин инженер морского ведомства де Коппье тогда, в 1858 году, разработал другой тип батопорта, который был впервые применен в доке 1 Кастиньо в Тулоне и с тех пор многократно воспроизводился как в портах без приливов, так и в приливных портах.

Батопорт (рис. 607) разделен по высоте на три части. Нижний отсек содержит постоянный балласт, обычно состоящий из чугуна и бетона, а иногда также из водяного балласта. Второй отсек, или воздушная камера, предназначенный для всплытия батопорта, содержит внутри одну или две герметичные цистерны водяного балласта,

назначение которых — служить для погружения или всплытия в зависимости от того, заполняют их или опорожняют; воздух выходит через трубы, проходящие через верхний отсек. Верхний отсек, образующий водяную камеру, сужен до ширины, необходимой для прочности, и широко сообщается либо с бассейном, либо с доком через отверстия, расположенные в нижней части и снабженные донными отверстиями (кинстонами) или клапанами, которые управляются с верхней палубы.

Нормальная плавучесть должна быть установлена на такой высоте, чтобы расстояние, отделяющее ее от уровня малых вод, когда батопорт стоит на кильблоках, было немного больше, чем вертикальная высота, которую батопорт должен пройти, чтобы освободиться от своих пазов. Эту плавучесть регулируют с помощью постоянного балласта, а водонепроницаемая палуба, отделяющая водяную камеру от воздушной камеры, расположена всего на несколько сантиметров выше этой плавучести. Тогда достаточно, чтобы водяная камера, содержащаяся во втором отсеке, имела вместимость немного больше, чем водоизмещение малой части батопорта, заключенной между второй водонепроницаемой палубой и нормальной плавучестью.

Батопорт затапливается путем заполнения цистерн водяного балласта, находящихся в среднем отсеке, при этом донные отверстия верхнего отсека закрыты со стороны дока и открыты со стороны бассейна.

Чтобы заставить батопорт всплыть, закрывают все донные отверстия верхнего отсека во время предыдущего прилива, затем дают воде из цистерны водяного балласта стечь в пустой док. Затем док заполняется, и как только вода в нем достигает уровня, очень близкого к уровню бассейна, батопорт слегка приподнимается, однако его киль не поднимается выше порога; затем док быстро заканчивает заполняться, вода проникает в него через пазы.

Чтобы завершить всплытие батопорта, достаточно открыть донные отверстия верхнего отсека, вода из которого постепенно вытекает, пока батопорт не восстановит свою нормальную плавучесть; можно регулировать скорость всплытия, открывая донные отверстия на большую или меньшую величину.

Эта система батопорта имеет преимущество, позволяя, когда это необходимо, задерживать момент подъема батопорта за счет увеличения нормальной осадки; это увеличение является лишь временным, и легко вернуться к нормальной осадке, как только уровень воды в доке станет примерно таким же, как снаружи. Это преимущество ценно в приливных портах, если хотят избежать того, чтобы время, доступное для маневров, не уменьшилось одновременно из-за более позднего подъема батопорта и из-за необходимости подвести его к упорному брусу раньше после входа судна.

К этому типу относятся батопорты доков Кастиньо, Мисьесси и Вобана в Тулоне, а также батопорты доков 2 в Лорьяне, Сен-Назере и Марселе.

В батопортах Сен-Назера (рис. 608) верхняя водяная камера расположена выше уровня высоких вод; она заполняется, следовательно, не свободно с помощью открытия клапанов, а с помощью насосов, которые позволяют поднимать в эту камеру водяной балласт, содержащийся в нижней водяной камере.

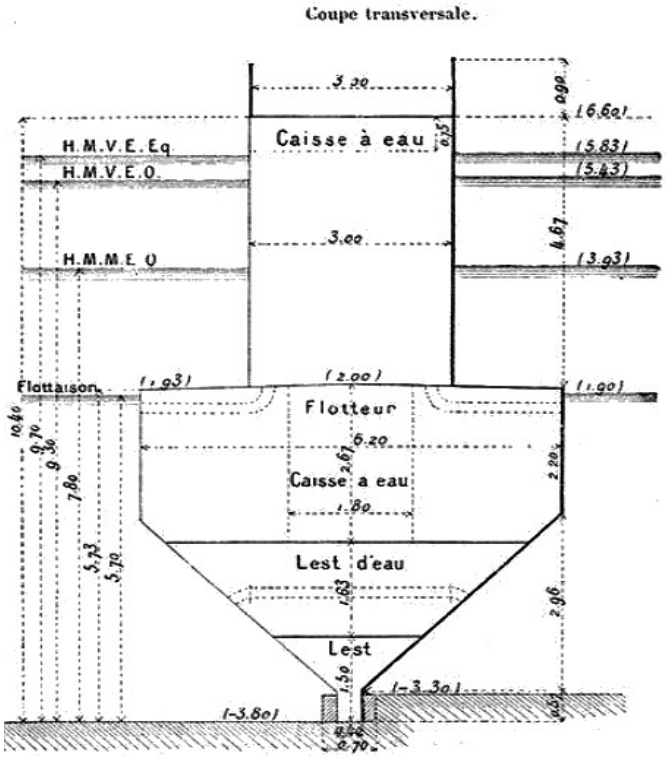


Fig. 608. — Saint-Nazaire (bateau-porte de la forme 1).

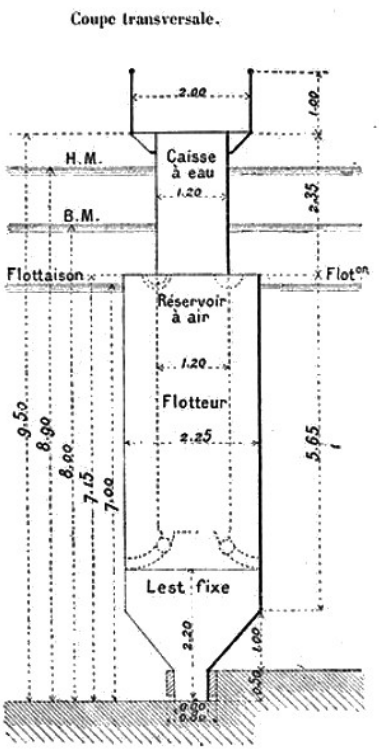


Fig. 609. — Marseille (bateau-porte de la forme 1.)

Батопорты шести сухих доков Марселя (рис. 609) имеют ту особенность, что дно воздушной камеры не ограничено водонепроницаемой палубой, причем фиксированный балласт состоит исключительно из чугуна и бетона, помещенных над килем.

Батопорты доков Гавра также имеют только два отсека, разделенных водонепроницаемой палубой. Кроме того, цистерна водяного балласта ниже этой водонепроницаемой палубы была удалена.

Батопорты доков 2 и 3 цитадели снабжены в верхней части, выше уровня самых высоких вод, герметичной цистерной, которая предназначена для приема воды, необходимой для их затопления; эта вода подается городским водопроводом; нижняя часть ниже водонепроницаемой палубы, образующей поплавок, содержит постоянный балласт и всегда должна быть сухой; верхняя часть может поддерживаться пустой или сообщаться с бассейном. Балласт отрегулирован таким образом, что батопорты плавают на уровне водонепроницаемой палубы.

Чтобы затопить эти батопорты, открывают клапаны, которые соединяют верхний отсек с бассейном, и заполняют верхнюю водяную камеру; под действием этой перегрузки батопорт начинает погружаться, и вода, затем проникающая в верхний отсек, вскоре приводит к его посадке на кильблоки. Чтобы заставить его всплыть, сливают воду из камеры после опорожнения верхнего отсека в док. Таким образом, батопорты могут быть затоплены и подняты по желанию без откачки.

Но в течение некоторого времени перестали использовать эти верхние водяные камеры, которые даже никогда не использовались в батопорте 1, который также был ими снабжен. Их не устанавливали на батопортах доков 5 и 6.

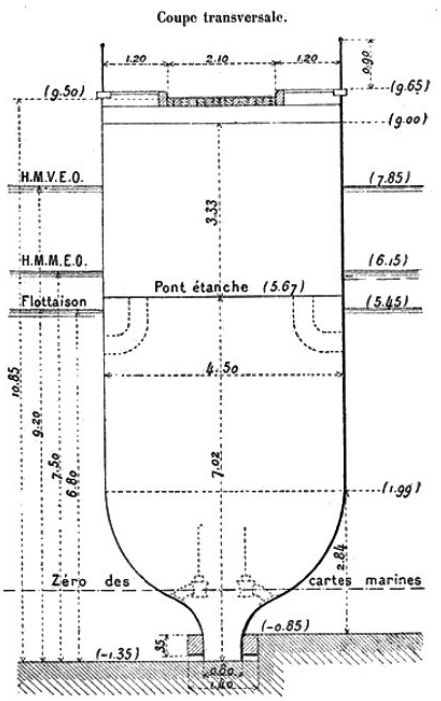


Fig. 610. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Фактически, маневрирование батопортами Гавра осуществляется следующим образом:

Для доков 1, 2, 3 и 4 батопорт подводится вплавь к своим четвертям, затем открываются клапаны герметичных отсеков со стороны бассейна, а также донные отверстия; вода поступает в нижнюю часть батопорта, который сначала тонет медленно, а затем быстрее, когда водонепроницаемая палуба оказывается ниже уровня наружной воды. Обычно батопорт поднимают только после того, как док был осушен для ремонта судна. Перед заполнением дока в него сливают воду, содержащуюся в батопорте, оставляя, однако, большее или меньшее количество в зависимости от того, насколько высок или низок уровень воды в бассейне.

Таким образом, не сохраняют одну и ту же ватерлинию; наоборот, стремятся сделать так, чтобы батопорт всегда поднимался примерно на одну и ту же величину, около 1 м. Можно также сказать, что количество водяного балласта, которое должно оставаться в батопорте, регулируется таким образом, чтобы он поднимался только тогда, когда перепад уровней между бассейном и доком не превышает 0,30 м или 0,40 м максимум. В этих условиях всплытие происходит не внезапно, а в два или три этапа; прокладки не страдают, и заполнение дока заканчивается не настолько быстро, чтобы это создавало какие-либо неудобства для находящегося в нем судна.

Для батопортов доков 5 (рис. 610) и 6 показалось бесполезным поднимать клапаны верхнего отсека, учитывая, что донные отверстия нижнего отсека имеют достаточно отверстий, чтобы затопить батопорт достаточно быстро; поэтому воду никогда не впускают выше водонепроницаемой палубы.

Когда батопорт должен быть поднят, а док полон воды, приходится опорожнять батопорт с помощью насоса или пульсометра; но это исключительный случай. Очевидно, что можно было бы действовать так же и с четырьмя старыми батопортами.

Были проведены прямые испытания для определения высоты воды, которую следует допускать в нижний отсек батопортов 5 и 6 в зависимости от различных уровней воды в бассейне Эра, чтобы батопорты поднимались в хороших условиях; они дали следующие результаты:

УРОВЕНЬ ВОДЫ в бассейне Эра	УРОВНИ, НА КОТОРЫХ ВОДА должна поддерживаться ниже верхней палубы		ВЫСОТА подъема батопорта
	Батопорт 5	Батопорт 6	
Ниже 6,25 м	11 м. (батопорт пуст)	10,15 м. (батопорт пуст)	Изменяется от 0,25 м до 1 м
6,50	9,30	8,15	
7,00	8,25	7,55	
7,50	7,85	7,00	
8,00	7,30	6,50	

Из вышеизложенного следует, что промежуточная палуба не обязательно должна быть водонепроницаемой и что ее положение может определяться независимо от условий плавучести; она даже может быть удалена, что и было сделано в Дюнкерке (рис. 611).

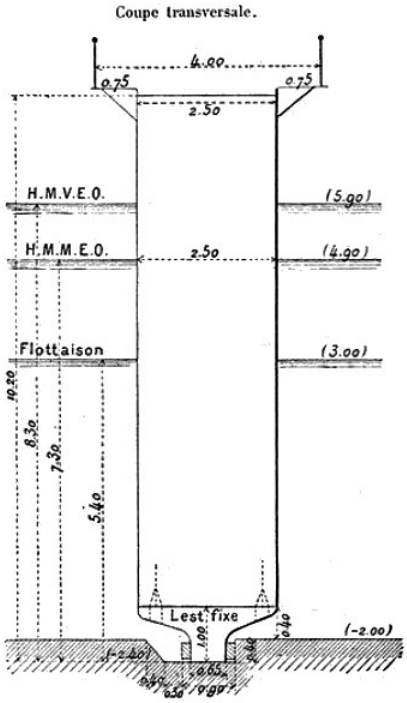


Fig 611. — Dunkerque (bateau-porte de la forme 4).

Тогда батопорты представляют собой настоящие кессоны с вертикальными стенками, которые затапливаются или поднимаются путем введения или удаления дополнительного водяного балласта, переменного в зависимости от желаемой плавучести. Вода вводится с помощью донных отверстий, а удаляется путем слива воды в осушенный док. Когда операция подъема должна быть выполнена без опорожнения дока, необходимо прибегать к откачке либо с помощью пульсометров, либо с помощью обычных насосов, приводимых в действие паровыми двигателями или вручную.

В этом порту были вынуждены максимально уменьшить ширину батопорта дока 4, в котором колодец руля находится всего в 1,20 м от упорного бруса; этот батопорт имеет ширину 2,50 м и поддерживает тротуары, расположенные в виде консоли.

В Кале (рис. 612) батопорт состоит из стальной диафрагмы и воздушной камеры, симметричной относительно этой диафрагмы и возвышающейся на 0,20 м над нормальной плавучестью. В верхней части, на протяжении 13,75 м, в средней части батопорта находится водяная камера шириной 2 м, в которую вводится вода, предназначенная для посадки на кильблоки; эта вода подается городским водопроводом. Дренажные отверстия, расположенные на дне этой камеры, рассчитаны таким образом, чтобы подъем происходил достаточно медленно. Герметичные трубы проходят через воздушную камеру вертикально, чтобы выпустить воздух, который мог бы быть заперт снизу только с одной

стороны во время заполнения дока, что могло бы привести к опрокидыванию батопорта.

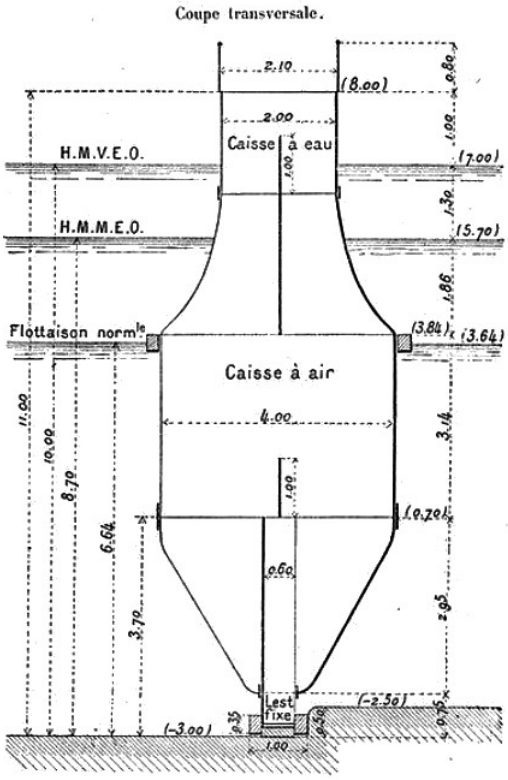


Fig. 612. — Calais.

Погружение может, таким образом, осуществляться путем открытия донных отверстий, которыми снабжена воздушная камера; центральная перегородка достаточной высоты предотвращает резкие перемещения воды с одного борта на другой. После погружения эта вода сливается в осушенный док, и заполняется верхняя камера, дно которой находится на уровне обычных сизигийных высоких вод. Остойчивость батопорта остается обеспеченной, даже если весь балласт перенесен в верхнюю камеру. Постоянный балласт помещен на киль.

Преимущества, которые представляет этот тип батопорта, следующие: двойная обшивка сведена к минимуму, а центр величины расположен очень высоко, поэтому чугунный балласт минимален; балласт, который необходимо ввести для посадки на кильблоки, очень мал; кроме того, ни в коем случае не следует опасаться внезапного подъема батопорта до полного заполнения дока; наконец, поскольку балласт всегда может стечь сам, нет необходимости в дренажном насосе.

Из рассмотрения этих различных батопортов можно заключить, что тип, который как для портов без приливов, так и для приливных портов, наиболее полно удовлетворяет требованиям, принадлежит г-ну де Коппье. Этот тип, при условии умеренной ширины батопорта, объединяет следующие условия:

1° Не требовать никакой откачки, за исключением исключительного случая, общего для всех систем, когда необходимо поднять батопорт без осушения дока;

2° Свести в этом случае к минимуму количество и высоту подъема воды, которую необходимо поднять с помощью насосов или пульсометров;

3° Позволять начинать подъем только тогда, когда это сочтут целесообразным, и лишь временно увеличивая осадку батопорта, чтобы не вынуждать устанавливать его на место раньше, чем в обычных обстоятельствах;

4° Регулировать по желанию скорость всплытия.

Но если учесть, что второе из этих условий требует устройства в воздушной камере цистерны водяного балласта вместимостью от 10 до 12 м^3, и что эту цистерну можно удалить, впуская над постоянным балластом эквивалентное количество воды, которое займет лучшее положение с точки зрения остойчивости, как это имеет место в Гавре и Дюнкерке, вероятно, сочтут, что это упрощение конструкции желательно в портах, где доки находятся в почти непрерывной эксплуатации.

С другой стороны, когда нет необходимости поддерживать постоянную плавучесть, можно также удалить водонепроницаемую палубу, положение которой немного выше плавучести перестает быть обязательным.

Таким образом, жертвуя второстепенными преимуществами, но упрощая конструкцию и маневрирование, в конечном итоге пришли к типу батопорта, значительно приближающемуся к системе Коррара, с той разницей, что последняя, соответствуя приливному порту, где полезно сохранять нормальную плавучесть, ограничивает водяной балласт водонепроницаемой палубой, которая предотвращает его резкое перемещение.

Когда, наоборот, хотят изменить плавучесть и поднимать батопорт только на примерно постоянную высоту, несмотря на изменения уровня бассейна, целесообразно иметь постоянный балласт для большей части и предотвращать резкие перемещения воды с помощью нескольких вертикальных перегородок, которые образуют отдельные цистерны с соответствующими донными отверстиями.

Затем можно регулировать впуск воды в различные части, выпрямлять батопорт, если он стремится накрениться в ту или иную сторону, и опорожнять по желанию отсек для его осмотра и перекраски, когда док осушен.

Все батопорты, остойчивость которых обеспечивается наличием жидкого балласта в нижней части, теряют эту остойчивость, когда балласт исчерпывается, в то время как они свободно плавают, и валятся на бок. Добавляя несколько бочек балласта в верхнюю часть, затем удается приподнять киль, что позволяет ремонтировать и обслуживать киль и прокладки. Эта возможность ценна в портах, которые имеют только один сухой док.

Условия функционирования батопортов

Условия функционирования батопортов легко установить, как показывают следующие указания, относящиеся к батопорту типа де Коппье (рис. 613).

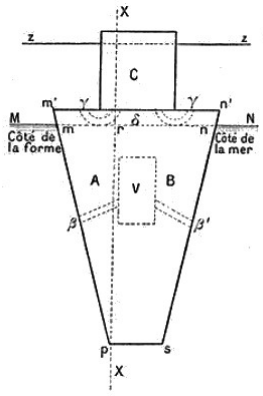


Fig. 613.

Пусть:

MN — нормальная плавучесть батопорта;

XX — след на вертикальной плоскости поверхности прилегания штевней к четверти;

A — водоизмещение левой части подводной части корпуса mrp;

B — водоизмещение правой части nrps;

δ — водоизмещение части mnn'm', заключенной между плавучестью и уступной палубой;

V — объем камер, заполняемых водой для затопления батопорта;

u — водоизмещение спусковых колодцев;

u' — водоизмещение конструкции над уступной палубой.

Чтобы батопорт затонул при заполнении камер V, необходимо, чтобы вес воды, введенной в камеры, был больше, чем увеличение подъемной силы, связанное с погружением верхней части батопорта, то есть чтобы выполнялось неравенство

$$V > \delta + u + u'$$

Тогда батопорт будет опираться на дно с давлением P, определяемым уравнением

$$P = p\,[V - (\delta + u + u')]$$

где p — вес одного кубического метра морской воды.

Давление P обычно варьируется от 3 до 10 т.

Поскольку V должно быть больше δ, выгодно уменьшать объем δ, чтобы уменьшить количество воды, вводимой в батопорт, и ускорить маневр. Высота уступной палубы над плавучестью поэтому должна быть небольшой; чаще всего она составляет всего около десяти сантиметров; однако необходимо придать ей определенное значение, чтобы остойчивость не была нарушена небольшими движениями качки, которые может испытывать батопорт и которые могли бы покрыть палубу водой.

Чтобы поднять батопорт, опорожняют камеры V; подъем происходит, когда подъемная сила становится достаточной, чтобы преодолеть сцепление батопорта с его четвертями (рис. 614).

Вес равен:

$$A + B + a + b\,,$$

где a и b — веса воды, содержащейся в верхнем отсеке, слева и справа от XX, до уровня ZZ воды в бассейне.

Водоизмещение равно:

$$A + B + \delta + u + u' + \left[\left(1 - \frac{x}{l}\right) a\right] + b\,,$$

если мы обозначим буквой

l расстояние между подъемной платформой и уровнем воды в бассейне ;

x разница в уровне воды в бассейне и в форме, в которой произойдет подъем,

и если допустить, что над подъемной палубой количество воды, содержащейся в верхнем отсеке, пропорционально высоте.

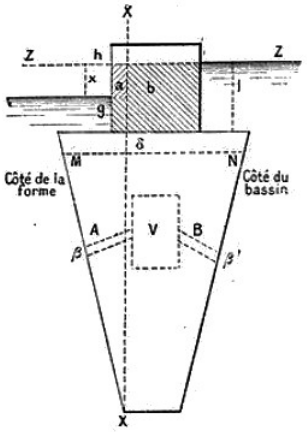


Fig. 614.

Это выражение смещения не совсем точно в том смысле, что мы должны были бы вычесть из $u + u'$ относительную к объему часть a, соответствующую высоте x, которая не дает тяги со стороны воды, но ошибка очень мала.

Подъемная сила, которая является разностью водоизмещения и веса, тогда выражается следующим образом:

$$\delta + u + u' - \frac{x}{l} a$$

Обозначая через F сопротивление, создаваемое трением, получаем:

$$F = \delta + u + u' - \frac{x}{l} a$$

Если известна сила, необходимая для преодоления трения батопорта о боковую стену, то есть для отслаивания, это уравнение даст значение x. Предельный случай — когда $x = a$, необходимо, чтобы батопорт работал сам, без необходимости отслаивать его с помощью домкратов, чтобы выполнялось условие:

$$\delta + u + u' \geqslant F .$$

Следовательно, для того чтобы батопорт находился в хороших условиях погружения и всплытия, необходимо, чтобы его различные элементы удовлетворяли двум неравенствам:

$$V \; > \; \delta + u + u' \; \geqslant F .$$

Отслаивание происходит при разности уровней x, которая определяется, как было сказано. Эта разность не должна быть слишком большой, иначе под действием разности давлений, действующих на обе стороны батопорта, могут произойти аварии; но нет необходимости опускать ее ниже 0,30–0,35 м.

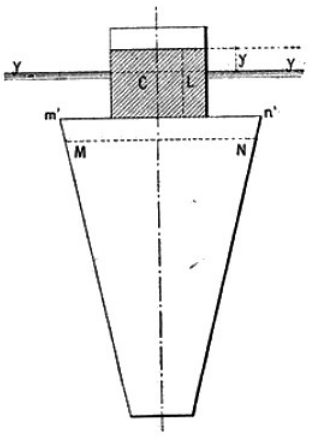


Fig. 615.

Когда отслаивание произошло, вода проникает в док через пазы; уровень постепенно выравнивается. Батопорт затем поднялся на высоту, которая определяется следующим образом (рис. 615).

Пусть YY — новая плавучесть, и пусть y — высота, на которую поднялся батопорт, то есть расстояние между плоскостью новой плавучести и высотой воды, поддерживаемой в верхнем отсеке.

Вес равен подъемной силе; вес выражается как:

$$A + B + \pi$$

π — вес воды, содержащейся в верхнем отсеке.

Подъемная сила выражается как:

A + B + δ + *водоизмещение части, заключенной между уровнем YY и уступной палубой.*

Это водоизмещение, допуская, что в верхнем отсеке C водоизмещения пропорциональны высотам, может быть оценено выражением:

$$\left(\pi + u + u'\right)\frac{l-y}{l}$$

Первый фактор — это водоизмещение всей части до уровня моря.

Следовательно, имеем:

$$A + B + \pi = A + B + \delta + \left(\pi + u + u'\right)\frac{l-y}{l}$$

или

$$\frac{y}{l}\left(\pi + u + u'\right) = \delta + u + u'$$

Отсюда выводится значение *y*.

Желательно, чтобы y было меньше высоты четверти, чтобы киль батопорта полностью не обнажал край входа в док и вода не проникала в него слишком быстро.

После этого первого подъема открывают клапаны верхнего отсека, который тогда постепенно опорожняется; батопорт приходит к плаванию по своей нормальной ватерлинии *MN*.

Остойчивость батопортов

Плавающее тело находится в равновесии всякий раз, когда вес тела равен весу вытесненного объема воды и обе силы направлены по одной вертикали.

Когда центр тяжести находится ниже центра водоизмещения, называемого в данном случае центром величины, равновесие является устойчивым, и такая остойчивость называется *весовой остойчивостью*.

Равновесие остается устойчивым и когда центр тяжести, находясь выше центра величины, находится ниже метацентра. Метацентр — это центр кривизны кривой, описываемой центром величины, когда судно вращается вокруг горизонтальной оси, не переставая плавать. Такая остойчивость называется *остойчивостью формы*. В батопортах часто невозможно достичь весовой остойчивости.

Трудность ее достижения связана с большой высотой батопорта над плоскостью плавучести, что делает батопорт очень загруженным в верхней части. Это обстоятельство особенно встречается у батопортов, предназначенных для закрытия сухих доков, выходящих в аванпорт или бассейн, в которых колебания уровня моря значительны.

Но хотя весовая остойчивость не является обязательной, всегда полезно стараться как можно меньше отклоняться от нее, то есть понижать центр тяжести и, следовательно, уменьшать вес конструкции над плавучестью; это одна из причин, по которой батопорты часто сужаются в верхней части, выше водонепроницаемой палубы.

Необходимо, по крайней мере, обеспечить остойчивость формы; она тем больше, чем ниже расположен центр тяжести ниже метацентра. Остойчивость измеряется величиной этого расстояния. Имеем:

$$\rho - r - a$$

ρ — расстояние от метацентра до центра тяжести;

a — расстояние от центра тяжести до центра величины;

r — радиус кривизны кривой, описываемой центром величины.

V — погруженный объем подводной части корпуса,

а I — момент инерции площади ватерлинии относительно продольной оси батопорта.

Следовательно:

$$\rho = \frac{I}{V} - a$$

Обсуждение этой формулы выявляет различные элементы, влияющие на остойчивость:

1° r всегда положительно, ρ увеличивается с шириной батопорта по ватерлинии, и увеличение растет в определенной зависимости от куба этой ширины.

2° При равном моменте инерции ватерлинии I, ρ будет тем больше, чем меньше погруженный объем V. Поэтому выгодно сужать подводную часть корпуса ниже ватерлинии, когда другие соображения не препятствуют принятию этого решения.

3° Чтобы обеспечить ρ приемлемое значение, необходимо придать а как можно меньшее значение; иногда даже необходимо сделать а отрицательным, то есть поместить центр тяжести ниже центра величины и вернуться таким образом к весовой остойчивости. Этого достигают, помещая очень тяжелый балласт в нижнюю часть батопорта.

Тогда становится понятно, почему батопорт, имеющий уступную палубу, обязательно теряет свою остойчивость формы, как только водонепроницаемая палуба скрывается под водой; действительно, I значительно уменьшается, как только уступная палуба оказывается под водой.

Способ постройки

Существует тенденция к максимально возможному упрощению форм батопортов и отказу от округлых форм, напоминающих формы судов, которые не нужны для устройства, которое должно выполнять только медленные движения на короткое расстояние.

Криволинейные формы имеют тот недостаток, что требуют кузнечных работ, обрезки, непрямого угольного раскроя и, следовательно, значительно увеличивают стоимость строительства. Поэтому следует выбирать для батопортов такие внешние формы, которые максимально уменьшают трудности строительства; но не менее необходимо принимать почти гладкие формы, избегать закоулков, сложных деталей, способствующих отложению ила и трудных для поддержания в хорошем чистом состоянии, а также выступающих деталей, которые могут быть повреждены ударами или столкновениями.

Также важно учитывать влияние внешних форм на остойчивость батопортов, которую необходимо обеспечивать с большим запасом, чтобы не быть подверженным трудностям маневрирования, неудача которых может иметь серьезные последствия.

Полезно цементировать днища батопортов, как это делается для судов, чтобы избежать быстрого разрушения киля под влиянием влаги или застойной воды, которая в нем задерживается.

Киль и штевни, которые передают каменной кладке все давление, воспринимаемое батопортом, должны быть очень прочными и надежно соединенными с остальной конструкцией; их обшивают с обеих сторон деревянными накладками, на которые прибивается прокладка. Киль должен быть примерно на 0,10 м выше порога; иногда под киль подкладывают деревянную подушку для его защиты при посадке на кильблоки. Осмотр и техническое обслуживание должны быть облегчены во всех точках, для чего различным отсекам придают размеры, достаточные для того, чтобы рабочие могли легко в них проникать. Должны быть предусмотрены лазы и дымоходы, чтобы можно было спуститься в трюм, даже когда верхние отсеки заполнены водой.

Что касается внутренней конструкции, выбор между остовом, основными элементами которого являются вертикальные стойки или горизонтальные распорки, зависит как от сечения входного шлюза, так и от типа батопорта.

Если боковые стены имеют достаточно большой откос, условия менее благоприятны для использования вертикальной системы; горизонтальная система тогда имеет то преимущество, что наиболее нагруженные распорки являются самыми короткими. Но поскольку из-за нижних форм батопорта они имеют меньшую высоту, чем расположенные выше, следует их разгружать, перенося часть нагрузки на порог с помощью нескольких вертикальных игл, используя, кроме того, сопротивление водонепроницаемых палуб, когда они устанавливаются, или совмещая их с вертикальными перегородками.

Наконец, когда используется вертикальная система с промежуточными палубами или распорками или без них, кажется выгодным, вместо того чтобы чрезмерно умножать иглы для непосредственного крепления обшивки, установить несколько горизонтальных поясов, на которые опираются вертикальные элементы, несущие обшивку.

Такое распределение водяной нагрузки на систему раскрепленных элементов, размеры которых уменьшаются по мере перехода от одного направления к другому, приводит к значительной экономии веса и чрезвычайно благоприятно для жесткости батопорта.

Можно избежать гальванизации батопортов, так как гальванизация имеет недостаток, иногда изменяя структуру металла и деформируя детали, особенно когда они изогнуты. С другой стороны, техническое обслуживание батопортов может легко и попеременно производиться на каждой стороне, с обновлением краски при осушении дока; поэтому гальванизация менее полезна, чем для шлюзовых ворот, у которых по крайней мере одна сторона, а обычно и обе, остаются погруженными почти постоянно.

В Дюнкерке батопорты состоят из почти равноудаленных горизонтальных распорок, образованных двойной линией поясов, соединенных решеткой, поддерживающей вертикальные Z-образные шпангоуты, к которым крепится обшивка. Система усилена пятью поперечными перегородками, образованными сплошной стенкой с уголками и доходящими до распорки, расположенной на отметке (1,75 м); выше эти перегородки продолжаются решеткой. Постоянный балласт состоит из чугунных деталей, отлитых так, чтобы соответствовать формам батопорта и позволять укладку, не оставляющую пустот. Эта предосторожность была принята для увеличения плотности балласта, понижения центра тяжести и улучшения остойчивости.

В Марселе (*рис. 616*) остов батопортов также состоит из серии горизонтальных раскрепленных балок, имеющих форму равного сопротивления; эти балки имеют высоту, равную ширине ворот, измеренной в наиболее широкой части. Уголки, образующие полки этих балок, имеют постоянное сечение и используются без непрямого угольного раскроя, что значительно упрощает трудозатраты и сохраняет всю прочность железа. Однако следует отметить, что количество металла и балласта, отнесенное к квадратному метру поверхности давления, немного больше, чем в других системах ворот; но этот перерасход с лихвой компенсируется экономией на трудозатратах.

В батопортах Тулона (*рис. 617*) горизонтальные балки поплавков имеют неравную высоту; полочные уголки тогда должны подвергаться ковке, чтобы раскрыть угол тех, которые обращены в сторону уступной палубы, и закрыть угол тех, которые обращены в сторону киля. Это решение значительно увеличивает расходы на рабочую силу, а кузнечные работы заметно ухудшают прочность металла. Также из системы горизонтальных балок, соединенных вертикальными связями и двойной обшивкой, состоят батопорты Сен-Назера, Лорьяна, Бордо и Шербура.

В этих различных типах, возможно, не всегда в достаточной степени учитывалась естественная опора, предлагаемая порогом, чтобы перенести на него часть давлений. Однако нижняя часть батопорта 5 в Шербуре была снабжена мощными вертикальными связями, которые разгружают шпангоуты.

Батопорты 1, 2 и 3 (*рис. 618*) Гавра, наоборот, состоят из ряда вертикальных шпангоутов, образованных Z-образными уголками, соединенных тремя ярусами листовых и уголковых распорок, или бимсов, а затем флортимберсами, водонепроницаемой палубой и верхней палубой. Эта система сильно приближается к способу постройки судов.

Батопорт Кале (*рис. 619*) включает три большие горизонтальные распорки, две из которых образуют верх и низ воздушной камеры и которые надежно соединены между собой U-образными железными элементами, расположенными крест-накрест, и сплошными перегородками. Эти две нижние распорки имеют высоту 4 м, третья — только 2 м. Самая нижняя распорка прочно соединена с форштевнем и ахтерштевнем, чтобы в хороших условиях передавать давление, которое она испытывает, на пазы. Вертикальные шпангоуты, расположенные на расстоянии 0,51 м друг от друга, прикреплены под нижней распоркой прочными кницами. Листы обшивки имеют ширину 1,705 м, чтобы уменьшить количество швов, которые необходимо герметизировать, и количество чеканки.

В батопортах 5 и 6 Гавра (*рис. 620* и *621*) остов также состоит из горизонтальных и вертикальных балок; водонепроницаемая палуба и верхний мостик совместно с нижним упорным брусом воспринимают всю водяную нагрузку. Для этой цели были установлены три вертикальные решетчатые балки, которым обшивка передает часть давления; остальная часть этого давления передается на четверти боковых стен; давление передается на эти балки через горизонтальные пояса, на которые опираются Z-образные вертикальные элементы, поддерживающие обшивку. Раскрепление обеспечивается в поперечном направлении стержнями решетки вертикальных балок, в горизонтальном направлении — андреевскими крестами, которые предназначены для уменьшения пролета поясов и увеличения их жесткости, наконец, в продольном направлении — самой обшивкой.

Давление, действующее на часть батопорта, заключенную между водонепроницаемой палубой и верхней палубой, просто распределяется на эти балки вертикальными шпангоутами, поддерживающими обшивку. Эта верхняя камера раскреплена с помощью вертикальных крестов, расположенных в той же плоскости, что и вертикальные балки нижнего отсека, и горизонтальных крестов, расположенных на полпути между балками.

Батопорты Ла-Паллиса имеют аналогичные устройства; они несут пешеходный мостик шириной 2 м. Самый большой имеет длину 22,93 м и ширину 4 м (*рис. 622*); остов состоит из четырех вертикальных решетчатых балок, прочной водонепроницаемой палубы в центральной части батопорта и трех промежуточных горизонтальных поясов, расположенных: один между водонепроницаемой палубой и верхней палубой, два других — между

водонепроницаемой палубой и килем; Z-образные вертикальные шпангоуты передают на горизонтальные пояса давление, воспринимаемое обшивкой.

В Бордо батопорт, недавно построенный для замены ранее находившегося в эксплуатации, имеет внешнюю форму, аналогичную форме предыдущих батопортов. Но остов значительно отличается (Пл. XIII); он включает в верхней части горизонтальную решетчатую балку, имеющую всю длину батопорта (22,75 м) и ширину 4 м, за исключением района форштевня и ахтерштевня, где эта ширина уменьшается до 0,80 м. Одиннадцать вертикальных решетчатых балок высотой 9,15 м распределяют давление на верхнюю балку и на киль. Водонепроницаемая палуба установлена на высоте нормальной плавучести; она поддерживается горизонтальными распорками, входящими в состав решетки одиннадцати вертикальных балок. Обшивка на полках вертикальных балок усилена Z-образными горизонтальными шпангоутами. Верхняя часть поддерживает проезжую часть шириной 2,50 м и два тротуара по 0,80 м.

Батопорты, используемые в Англии, как правило, менее просты по конструкции, чем только что описанные типы; они включают большее количество водонепроницаемых отсеков.

Батопорт Блэкуолла (*рис. 623*) имеет прямоугольное сечение без киля, контакт устанавливается, как для шлюзовых ворот, между порогом и боковой стороной батопорта; его длина 20,50 м, ширина 3,05 м и высота 8,78 м. Постоянный бетонный балласт помещен в нижней части; выше находится воздушная камера, отделенная водонепроницаемой палубой от верхнего отсека, который принимает водяной балласт, необходимый для посадки на кильблоки.

Батопорт Барри-дока (*рис. 624*) имеет с одной стороны округлую форму, аналогичную форме судна, а с другой — вертикальную стенку на всю высоту; это решение предназначено для того, чтобы позволить помещать его в углубление, сделанное в подпорной стене набережной, когда он не используется, без того, чтобы какие-либо его части выступали на лицевую поверхность стены. Этот батопорт имеет довольно большое количество водонепроницаемых отсеков, образованных двумя горизонтальными палубами и двумя вертикальными перегородками. Это решение не следует копировать; оно не позволяет переворачивать батопорт, чтобы поочередно помещать каждую из его сторон в док для осмотра и перекраски.

Батопорт дока Бьют (*рис. 625*) имеет ширину значительно большую, чем у всех ранее описанных батопортов; его длина 18,30 м, ширина в нижней части 7,93 м и ширина в верхней части 3,96 м. Он разделен водонепроницаемой палубой и различными перегородками на шестнадцать отсеков, сообщающихся друг с другом через отверстия, снабженные клапанами. Паровой насос, установленный на водонепроницаемой палубе, позволяет в случае необходимости опорожнять часть водяного балласта. Чугунный балласт весом 120 т, кроме того, помещен в нижней части у киля; этот балласт вместе с весом самого батопорта, который составляет 125 т, рассчитан таким образом, чтобы позволить батопорту плавать, когда вода находится на самом низком уровне, при котором его необходимо поднимать.

Батопорт дока Северогерманского Ллойда в Бремерхафене (*рис. 626*) имеет поплавок, расположенный в средней части, ниже уровня воды в бассейне; в нижней и верхней частях есть только обшивка, помещенная по оси батопорта.

Батопорт нового дока Бостона в Соединенных Штатах имеет общую длину 31,80 м (*рис. 627*); его ширина в наиболее широкой части достигает 6,70 м, а высота составляет 11,10 м. Бетонный балласт помещен в нижней части, чтобы обеспечить ему нормальную осадку 5,65 м. Две промежуточные водонепроницаемые палубы делят батопорт на три отсека. Погружение достигается впуском воды через три клапана диаметром 0,55 м. Подъем осуществляется путем откачки таким образом введенной воды с помощью центробежного насоса производительностью 13 630 л в минуту; этот насос установлен в верхнем отсеке, вместе с паровой машиной, которая им управляет.

Следующая таблица показывает размеры, вес и цены ряда батопортов.

порты	формы	длины		высоты	поверхности	веса			цены		наблюдения
		впереди.	начиная с киля.			без балласта.		с балластом.			
						Итог.	на метр².		Итог.	на метр².	
		м.	м.	м.	м²	кг.	кг.	кг.	фр.	фр.	
Дюнкерк	2 и 3	20,10	14,23	8,80	151,00	87 000	567	153 000	60 000	397	Тележный путь.
там ж.	4	28,05	21,23	10,30	253,00	183 000	723	281 000	114 000	451	там ж.
Кале	4	22,10	22,10	11,00	243,00	249 000	1 025	273 000	177 240	729	
Гавр	3	16,94	14,70	8,10	132,89	111 707	841	172 366	"	"	Тележный путь.
там ж.	4	31,08	29,04	11,15	335,17	277 690	829	664 150	185 512	554	там ж.
там ж.	5	21,08	18,08	11,00	215,35	202 756	942	415 357	245 968	659	там ж.
там ж.	6	17,08	13,86	10,15	157,02	144 458	920	263 179			
Шербур	5	30,60	26,00	43,80	390,54	375 000	960	540 000	356 000	912	там ж.
Сен-Назер	1	26,00	21,00	10,40	254,90	199 172	781	408 152	246 261	966	
там ж.	3	19,00	15,00	10,40	185,20	148 628	803	264 413	165 475	893	
Дворец	1	22,93	22,93	11,20	256,88	202 732	789	380 412	157 490	614	
там ж.	2	14,93	14,93	11,20	152,33	118 194	776	204 444	94 301	619	
Рошфор	2	15,82	14,02	6,70	91,10	70 000	769	81 000	47 930	526	
Бордо	2	22,75	22,75	10,60	241,15	107 328	446	450 596	152 623	513	Тележный путь.
Марсель	1-2	25,20	13,50	9,50	183,83	109 200	594	188 700	"	"	
там ж.	3-4	16,86	11,06	8,50	118,66	70 900	598	128 500	"	"	
там ж.	5-6	16,86	11,06	8,50	118,66	70 800	597	128 500	65 000	548	
Тулон	Missiessy.	29,74	25,75	11,98	332,26	273 090	829	424 884	226 400	681	
Алжир.	Большая	27,36	22,15	10,68	262,25	208 767	796	404 040	168 800	643	
там ж.	Маленькая	20,80	16,70	8,25	153,65	80 587	524	145 360	96 100	625	

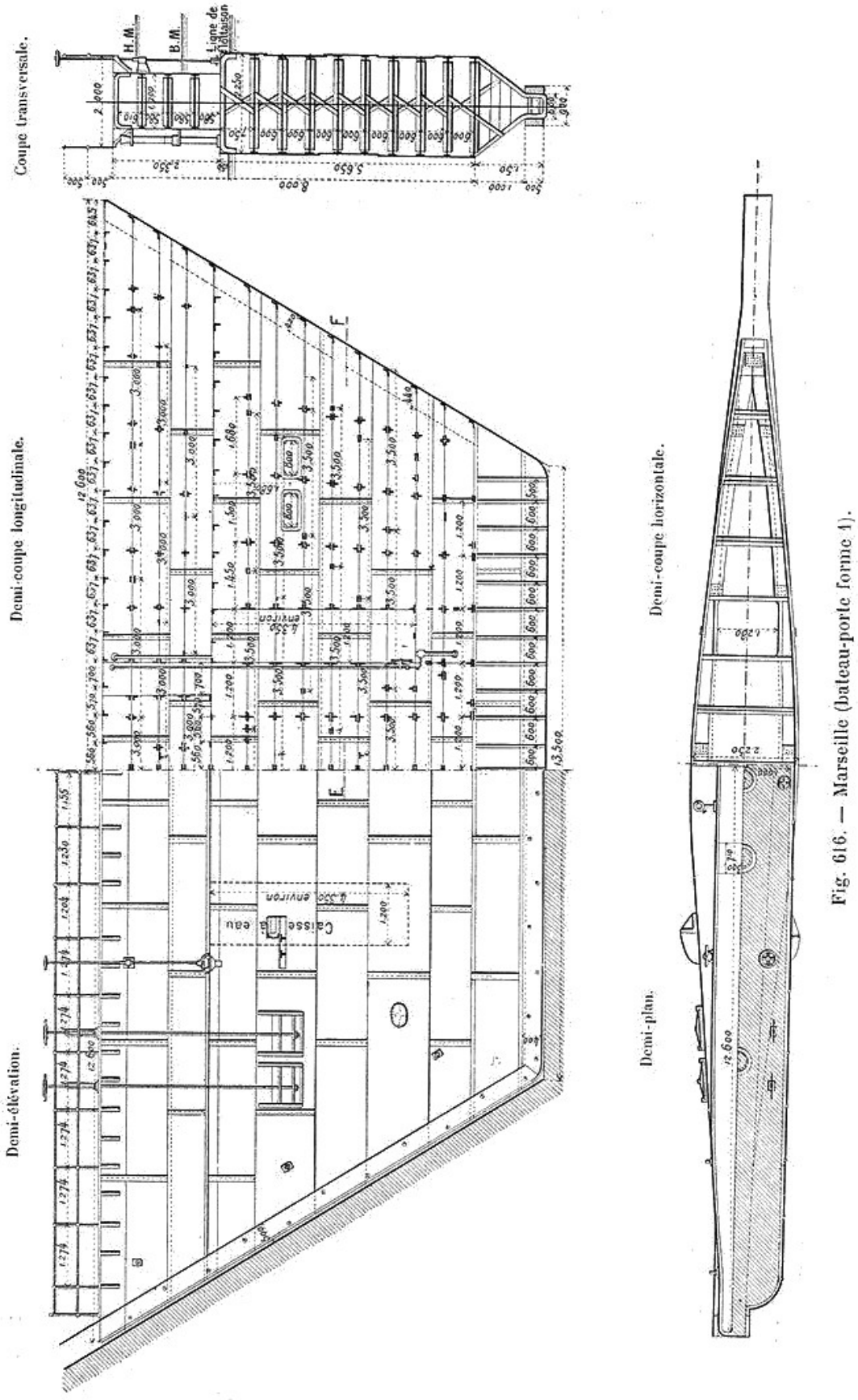


Fig. 616. — Marseille (bateau-porte forme 1).

Рис. 616 — Марсель (батопорт формы 1)

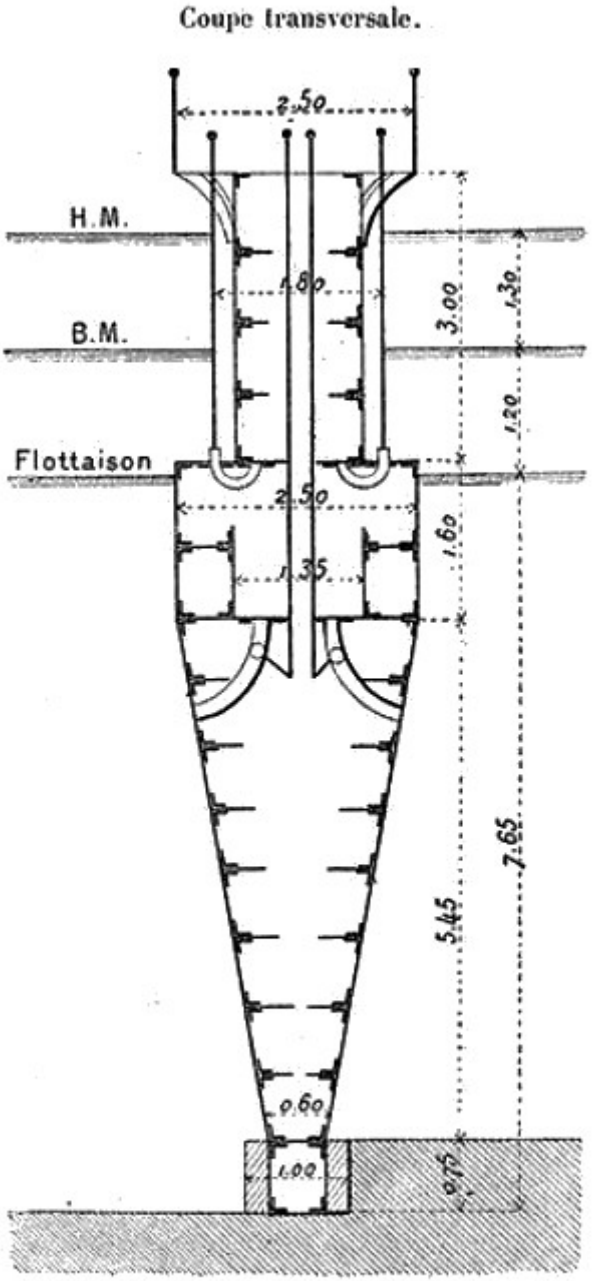


Fig. 617. — Toulon (bateau-porte de la forme 1 de Castigneau).

Рис. 617 — Тулон (батопорт формы 1 от Castigneau)

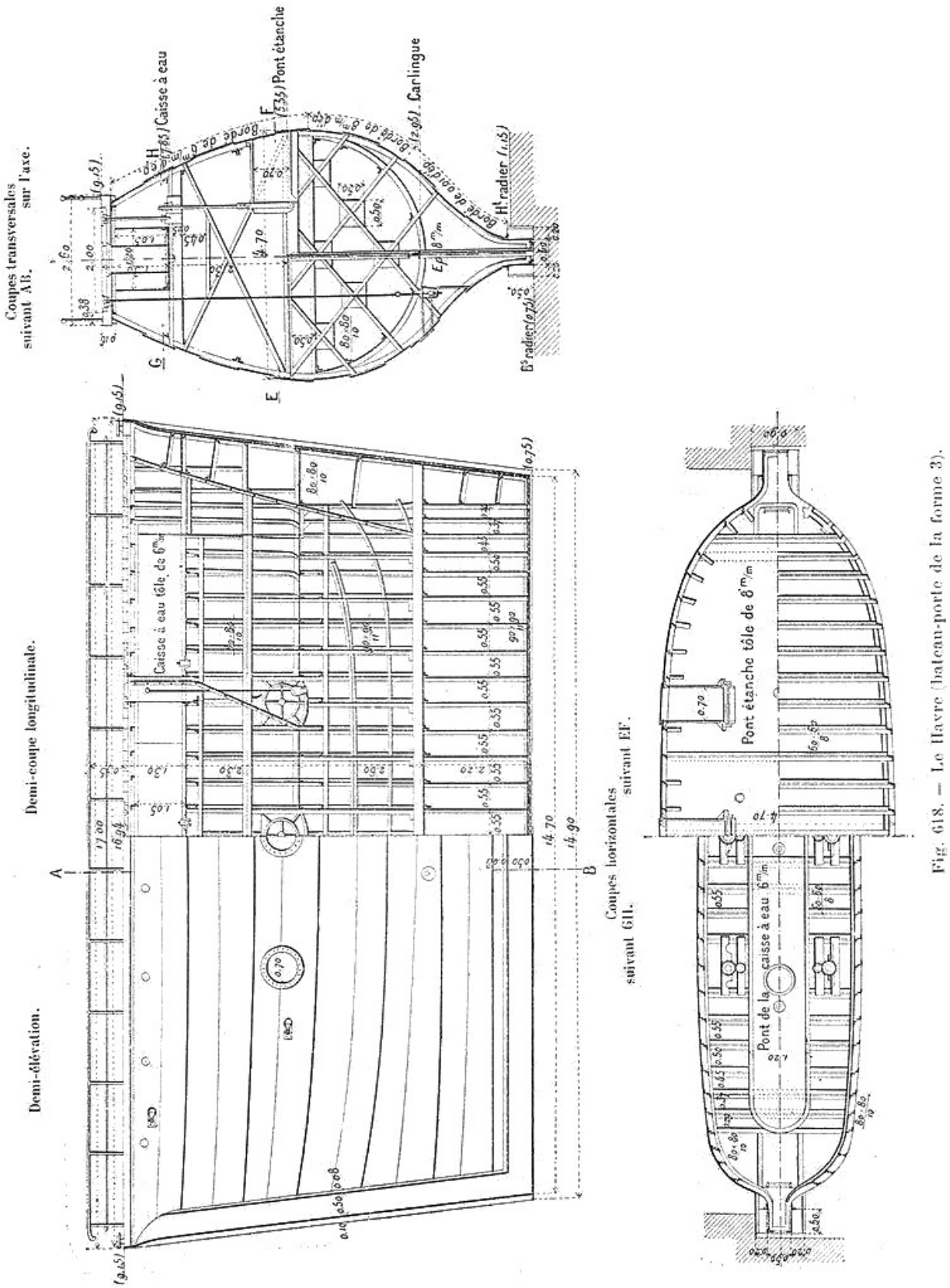


Fig. 618. — Le Havre (bateau-porte de la forme 3).

Рис. 618 — Ле-АВР (батопорт формы 3)

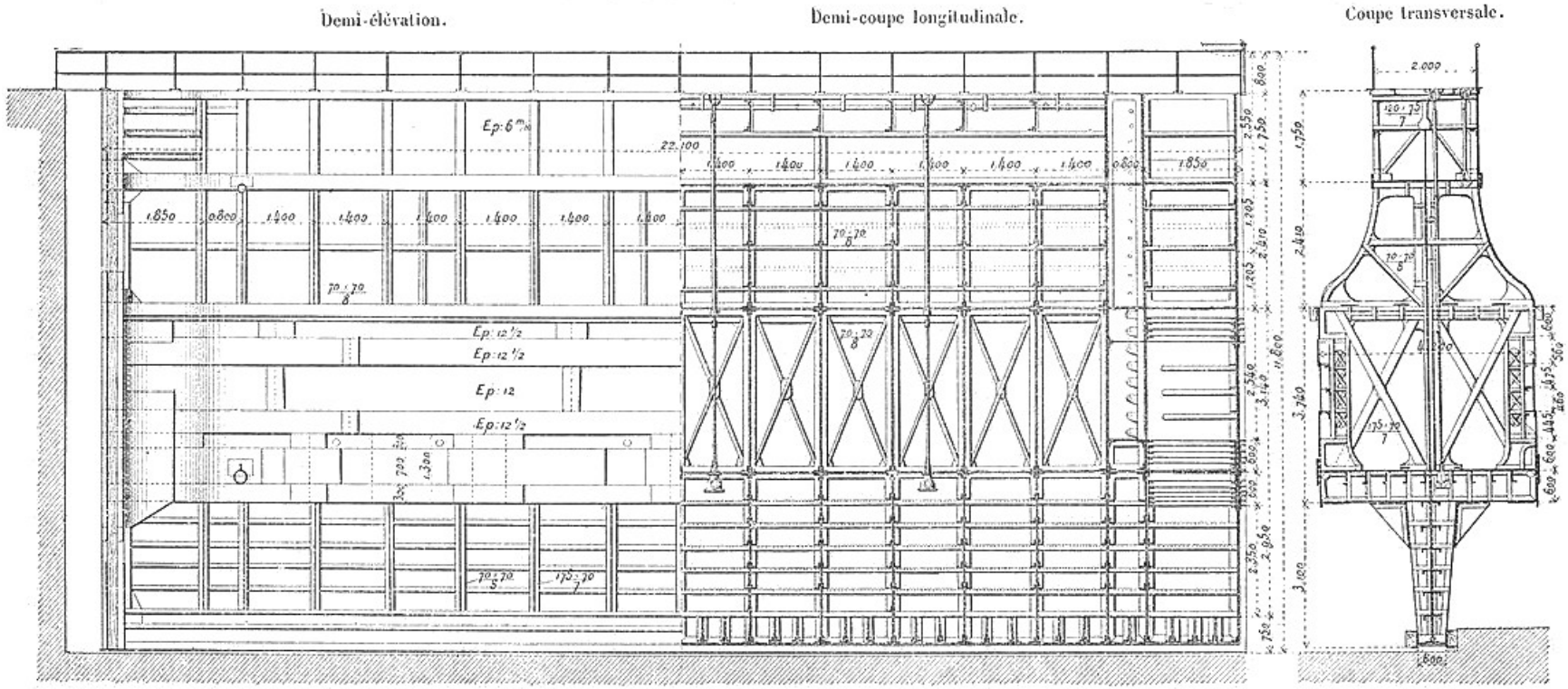


Fig. 619. — Calais.

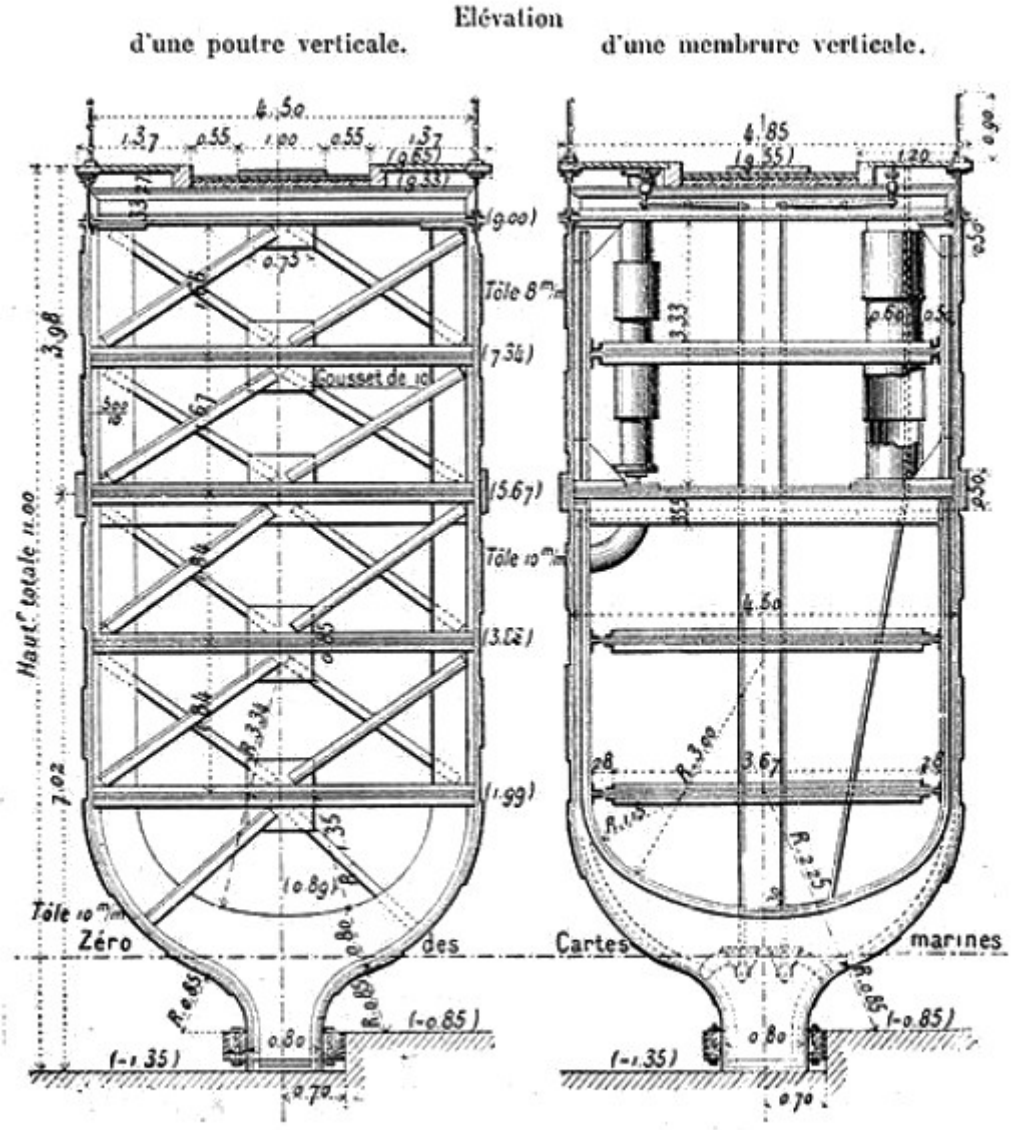


Fig. 620. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Рис. 620 — Ле-АВР (батопорт формы 5)

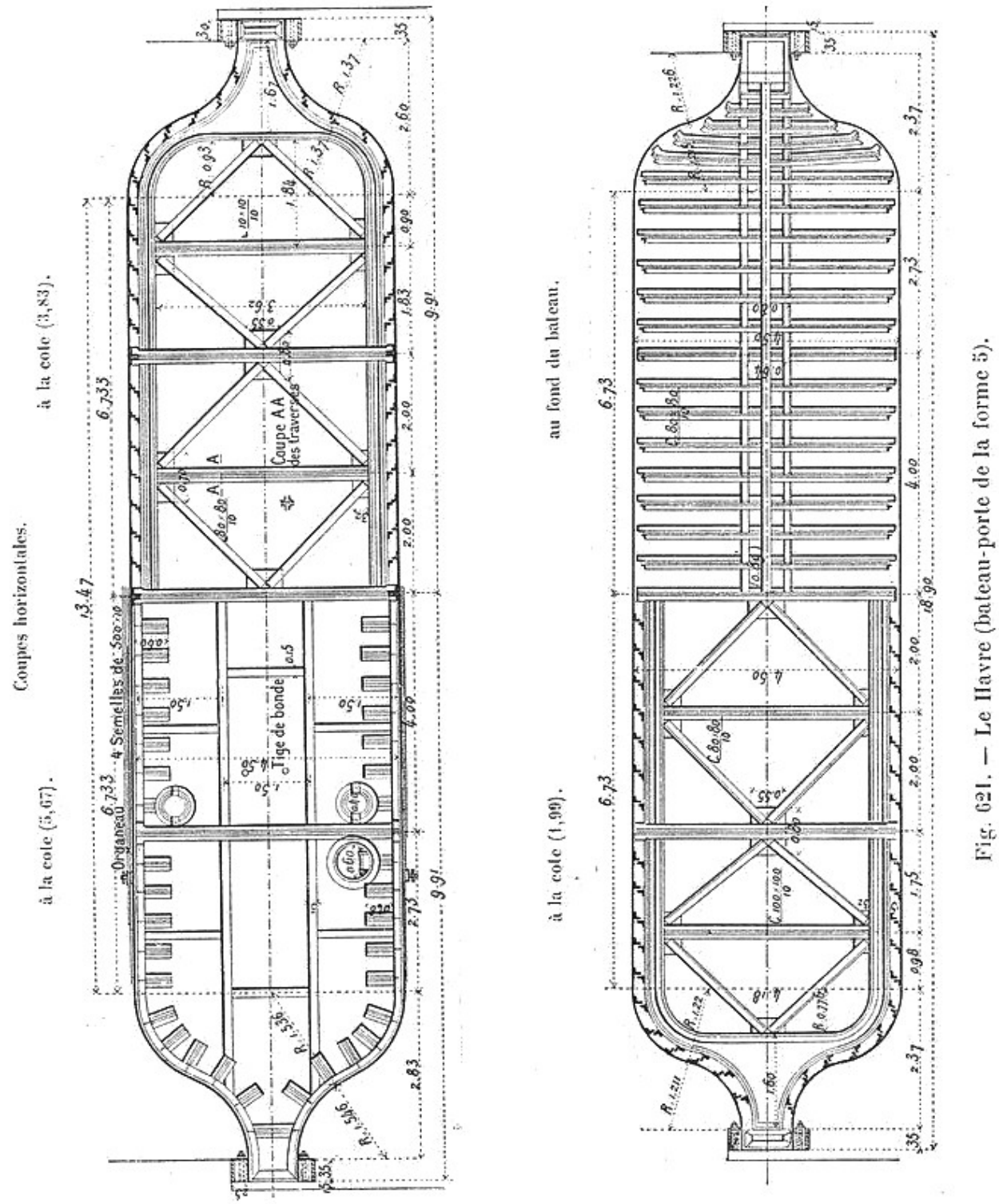


Fig. 621. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Рис. 621 — Ле-Авр (батопорт формы 5)

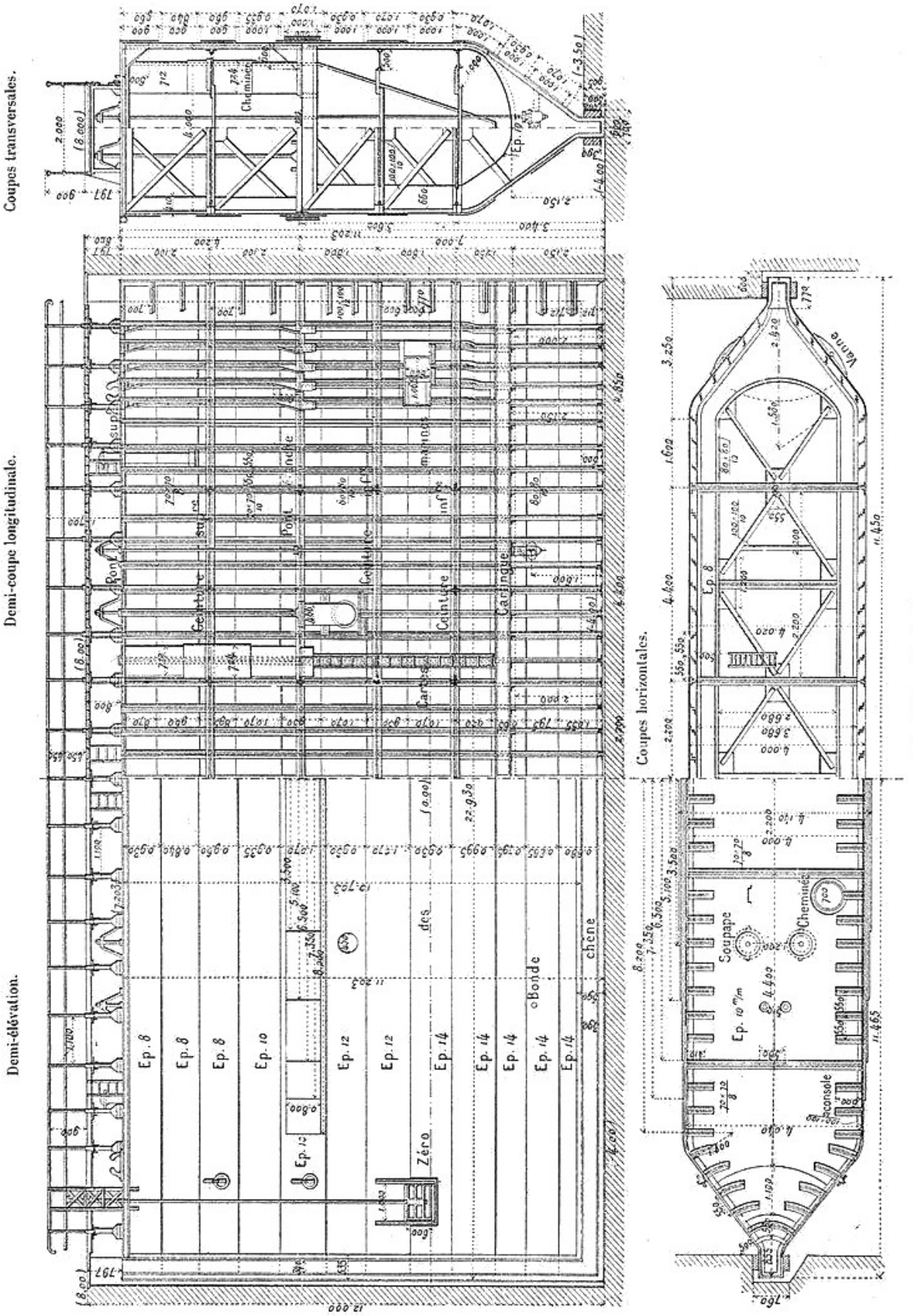


Fig. 622. — La Pallice.

Рис. 622 — Ла Палисс

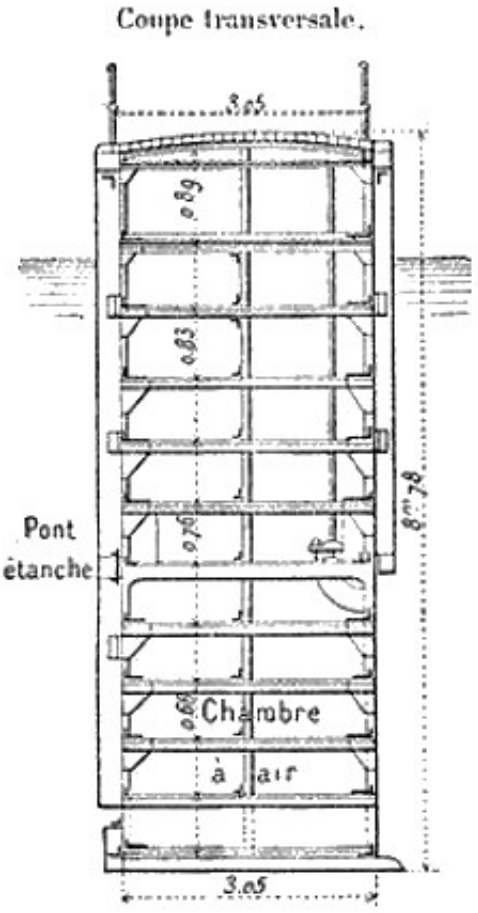


Fig. 623. — Blackwall.

Рис. 623 — Блэкуолл

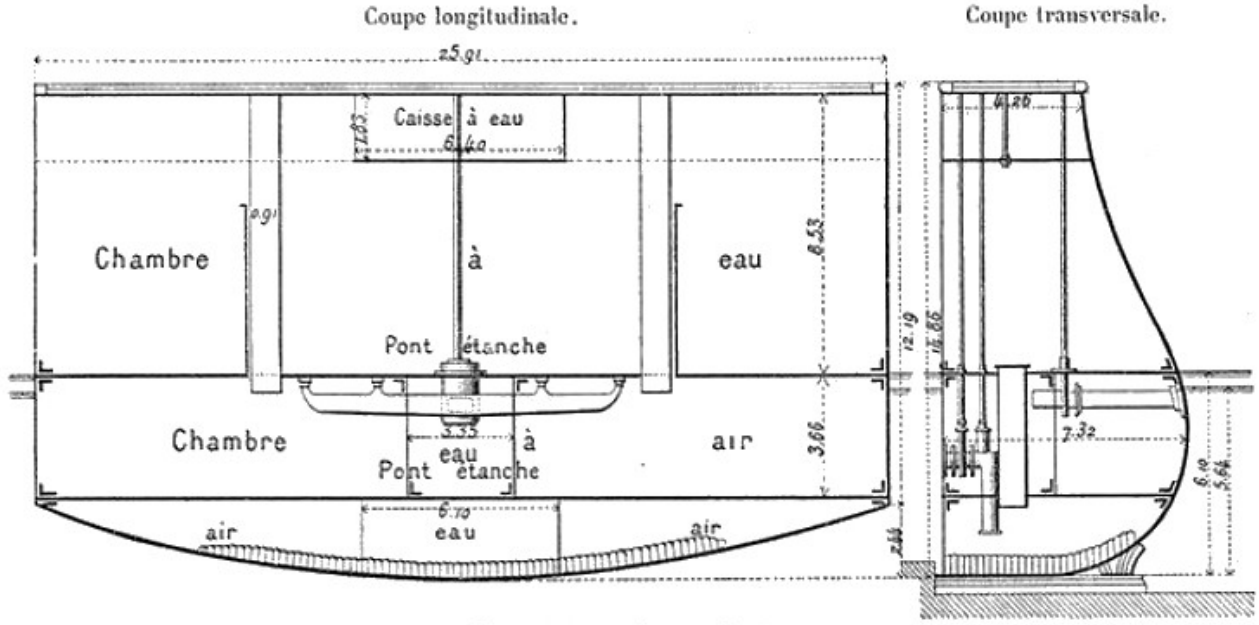


Fig. 624. — Barry dock.

Рис. 624 — док Барри

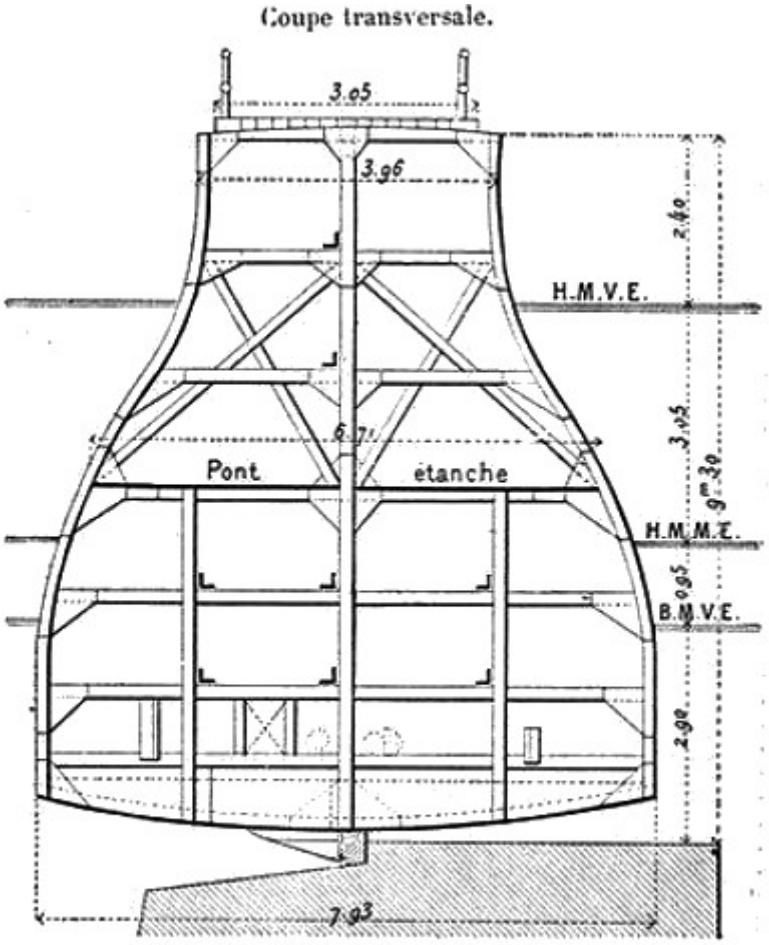


Fig. 625. — Bute dock.

Рис. 625 — Бют док

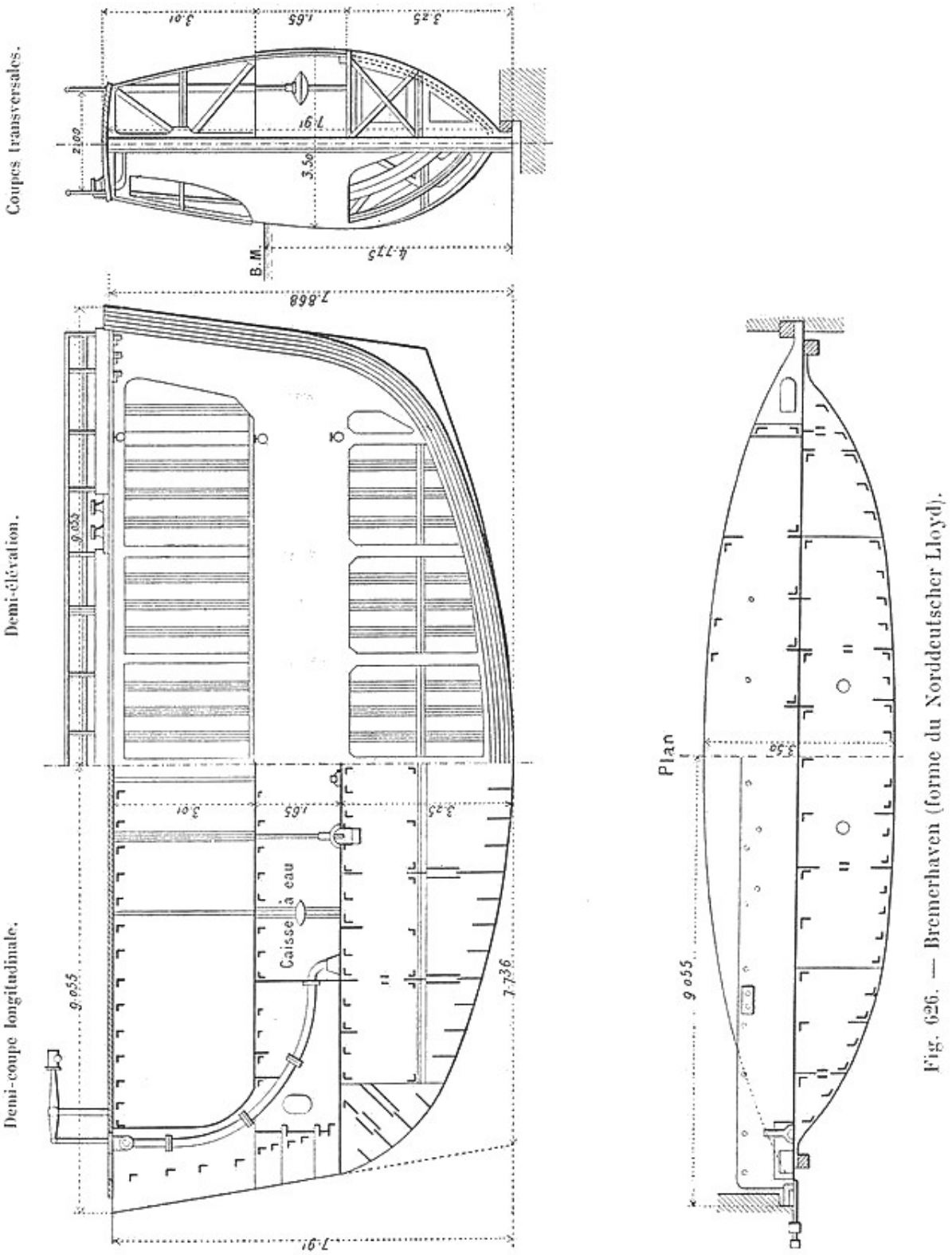


Fig. 626. — Bremerhaven (forme du Norddeutscher Lloyd).

Рис. 626 — Бремерхафен (форма Норддойчера Ллойда)

Coupe transversale.

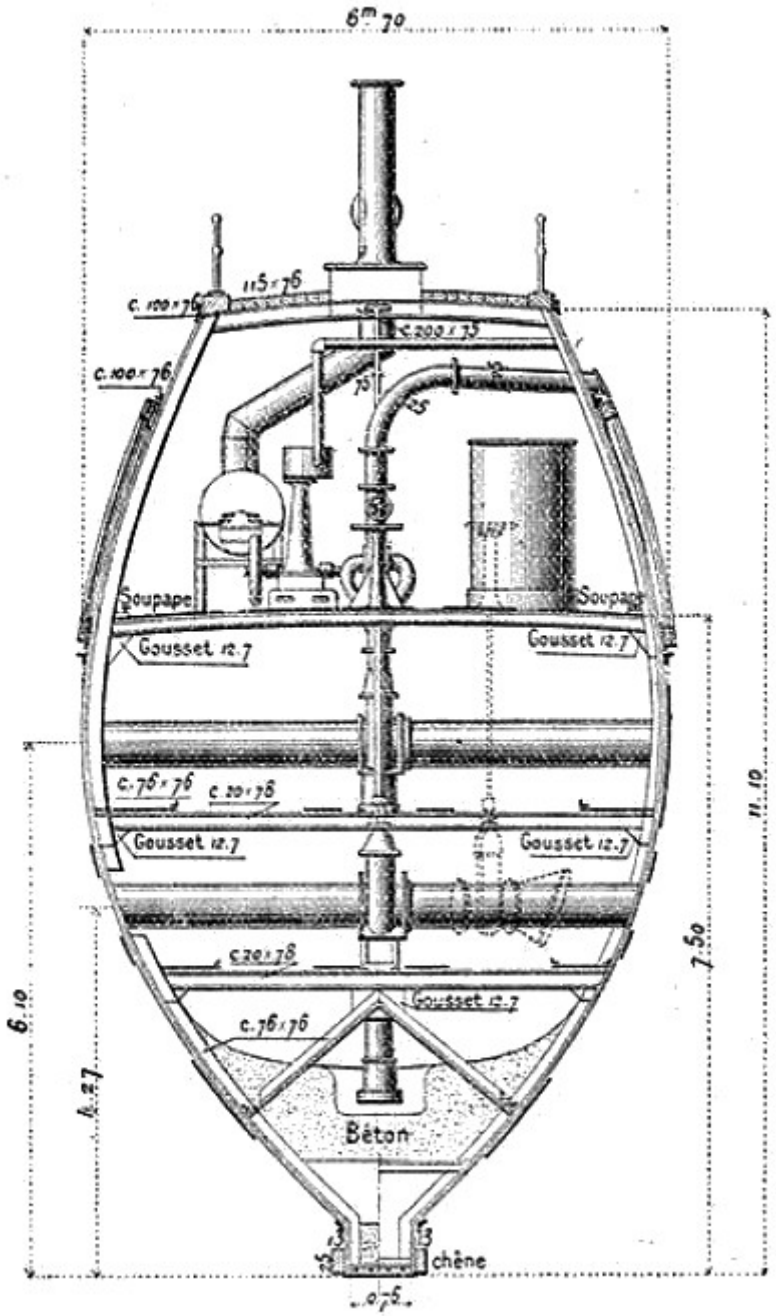


Fig. 627. — Boston.

Рис. 627 — Бостон